

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 04 JUN 2004

WIKO PC

DE04/656

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 19 019.8

**Anmeldetag:** 27. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Wartung, insbesondere  
Reparatur, von Gasturbinen

**IPC:** B 23 P 6/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. April 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Siegel



## Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, d.h. Flugzeugtriebwerken oder stationären Gasturbinen, nach dem Oberbegriff des

5 Patentanspruchs 1.

Der Wartung bzw. Instandhaltung, insbesondere der Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, kommt bei der Ermittlung der direkten Betriebskosten eines Flugzeugs eine entscheidende Rolle zu. So sind in etwa 30 % der direkten

10 Betriebskosten eines Flugzeugs den Flugzeugtriebwerken zuzuordnen, wobei in etwa ein Drittel der die Triebwerke betreffenden Betriebskosten auf die Instandhaltung der Flugtriebwerke entfällt. Insofern machen die Kosten für die Instandhaltung von Flugtriebwerken in etwa 10 % der gesamten direkten Betriebskosten eines Flugzeugs aus. Hieraus folgt unmittelbar, dass eine effiziente und kostengünstige Instandhaltung bzw.

15 Wartung und Reparatur von Flugzeugtriebwerken für Fluggesellschaften von entscheidender Bedeutung ist. Ähnliches gilt auch für stationäre Gasturbinen.

Bislang wurde bei der Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip vorgegangen. Bei dem

20 sogenannten Werkstattprinzip verbleibt die Gasturbine, insbesondere das Flugzeugtriebwerk, zumindest in Teilen an einer Position bzw. an einem Ort. Benötigtes Arbeitsmaterial, benötigte Arbeitswerkzeuge sowie benötigtes Arbeitspersonal werden zeitlich so an die Gasturbine bzw. das Flugzeugtriebwerk herangeführt, dass möglichst wenige Störungen auftreten und eine zugesagte Instandhaltungszeit der Gasturbine,

25 insbesondere des Flugzeugtriebwerks, eingehalten werden kann.

Die Instandhaltung bzw. Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach dem sogenannten Werkstattprinzip verfügt jedoch über den Nachteil, dass die Instandhaltung keiner definierten Prozessstruktur folgt. Vielmehr werden Arbeiten an der

30 Gasturbine bzw. am Flugzeugtriebwerk in nahezu beliebiger Reihenfolge durchgeführt, wodurch sich insbesondere dann, wenn gleichzeitig mehrere Gasturbinen bzw. Flugzeugtriebwerke gewartet werden, Störungen und Verzögerungen bei der Wartung desselben einstellen können. Eine Wartung nach dem sogenannten Werkstattprinzip

verfügt demnach über die Nachteile, dass einerseits keine klare Prozessstruktur besteht und dass andererseits lange Zeiten für die Wartung bzw. Instandhaltung benötigt werden. Dies beeinträchtigt die Effizienz der Wartung von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken.

5

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, bzw. von Modulen derselben zu schaffen.

- 10 Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

- 15 Bei der Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, werden Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, demontiert. Anschließend werden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen, insbesondere der Flugzeugtriebwerke, inspiziert und/oder repariert. Daraufgehend werden Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert.

- 20 Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird, wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine bzw. Flugzeugtriebwerks durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen.

25

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, schlägt erstmals vor, die Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, nach einem sogenannten Fließbandprinzip vorzunehmen. Es ist demnach eine grundlegende Erkenntnis der hier vorliegenden

- 30 Erfindung, dass das Fließbandprinzip auch für Reparaturarbeiten geeignet ist. Mit der Erfindung wird das Vorurteil überwunden, dass das Fließbandprinzip nur bei der Neuproduktion von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, geeignet sei, jedoch nicht für die Reparatur derselben. Dieses Vorurteil aus dem Stand der Technik liegt darin

begründet, dass bei der Neuproduktion aus Einzelteilen oder Rohstoffen mit einer definierten Beschaffenheit ein neuer Artikel entsteht, wohingegen bei der Reparatur ein Artikel mit unbekannter Beschaffenheit demontiert, inspiziert, repariert und darauffolgend montiert werden muss. Im Unterschied zur Neuproduktion sind bei der Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, die erforderlichen Arbeitsschritte nicht stets gleich, sondern immer abhängig von der konkreten Beschaffenheit der zu reparierenden Gasturbine bzw. des Flugzeugtriebwerks. Die hier vorliegende Erfindung zeigt jedoch, dass auch bei der Reparatur von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, ein Fließbandprinzip erfolgreich eingesetzt werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine hohe Effizienz bei der Reparatur und eine kurze Wartungszeit. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, ist sehr flexibel.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in unterschiedlichen Reparaturlinien durchgeführt, wobei nach Inspektion der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile entschieden wird, welcher Reparaturlinie ein zu reparierendes Modul und/oder Baugruppe und/oder Einzelteil zugeführt. Für die Entscheidung, welcher der Reparaturlinien ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil zugeführt wird, ist der Schwerpunkt der auszuführenden Reparaturarbeiten maßgeblich.

Vorzugsweise werden innerhalb einer Reparaturlinie hintereinander mehrere Reparaturschritte ausgeführt werden, wobei zur Ausführung der Reparaturschritte die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in einem Takt, also diskontinuierlich, in angepasste Reparaturstationen bewegt werden.

Zusätzlich zu den Reparaturstationen der Reparaturlinien werden Zentralreparaturstationen vorgesehen, wobei den Zentralreparaturstationen Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile aus unterschiedlichen Reparaturlinien zugeführt werden. Hierdurch wird eine hohe Prozessstabilität gewährleistet, da zeitintensive Arbeiten in Zentralreparaturstationen durchgeführt werden, die den zeitlichen Ablauf innerhalb der Reparaturlinien nicht beeinträchtigen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden innerhalb der Reparaturlinien zumindest für einige der Reparaturschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen, so dass innerhalb einer Reparaturlinie gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden können. Hierdurch kann der Takt der Reparaturlinien verkürzt und die Effizienz des Verfahrens gesteigert werden.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Signalflussdiagramm zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, umfassend Demontage eines Flugzeugtriebwerks, Reparatur von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen des Flugzeugtriebwerks, Montage des Flugzeugtriebwerks;

Fig. 2: ein detaillierteres Signalflussdiagramm eines Blocks des Signalflussdiagramms gemäß Fig. 1 zur Verdeutlichung der Reparatur des Flugzeugtriebwerks;

Fig. 3: ein Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie; und

Fig. 4: einen stark schematisierten Querschnitt durch ein zu reparierendes Flugzeugtriebwerk.

Anhand der Fig. 1 bis 4 wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Wartung bzw. Instandhaltung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen am Beispiel eines Flugzeugtriebwerks in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein stark schematisiertes Signalflussdiagramm bzw. Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens. So zeigt Fig. 1 die Demontage, Reparatur sowie

anschließende Montage des Flugzeugtriebwerks. Fig. 2 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild betreffend die eigentliche Reparatur von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen eines Flugzeugtriebwerks, Fig. 3 zeigt ein detaillierteres Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie.

5

Gemäß Fig. 1 wird in einem ersten Schritt 10 ein zu wartendes Flugzeugtriebwerk in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zerlegt bzw. demontiert. Dem Schritt 10 ist vorzugsweise eine Reinigung des Flugzeugtriebwerks vorgeschaltet.

- 10 An die Demontage des Flugzeugtriebwerks gemäß Schritt 10 schließt sich ein Schritt 11 an, in welchem die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile des Flugzeugtriebwerks inspiziert und/oder repariert werden. Ergibt im Schritt 11 die Inspektion, dass ein Modul und/oder eine Baugruppe und/oder ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks unbeschädigt ist, so kann eine Reparatur desselben selbstverständlich
- 15 entfallen.

- Im Anschluss an die Inspektion und ggf. Reparatur gemäß Schritt 11 wird in einem Schritt 12 ein Flugzeugtriebwerk zusammengesetzt bzw. montiert. Bei der Montage des Flugzeugtriebwerks wird ein Flugzeugtriebwerk aus inspizierten und/oder reparierten
- 20 und/oder neuen Modulen bzw. Baugruppen bzw. Einzelteilen zusammengesetzt. Ergibt nämlich die Inspektion in Schritt 11, dass ein Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil des Flugzeugtriebwerks nicht mehr repariert werden kann, so wird dasselbe durch ein neues bzw. neuwertiges Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil ersetzt.

- 25 Die hier vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie die Reparatur der Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile von Flugzeugtriebwerken im Sinne des Schritts 11 und ist unabhängig von der Demontage und Montage.

- Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird,
- 30 wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens eines Flugzeugtriebwerks durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile des oder jeden Flugzeugtriebwerks zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen. Die zu

reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile verbleiben demnach nicht an einem Ort bzw. an einer Position, sondern sie werden vielmehr unter Veränderung des Orts durch unterschiedliche Reparaturstationen bewegt. Es liegt demnach im Sinne der Erfindung, für die Wartung bzw. Reparatur von Flugzeugtriebwerken erstmalig das

5 sogenannte Fließbandprinzip einzusetzen.

Fig. 1 verdeutlicht bzw. visualisiert die Unterteilung der Reparatur gemäß Schritt 11 in unterschiedliche Reparaturschritte. Nachdem ein Flugzeugtriebwerk im Schritt 10 in Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile zerlegt worden ist, wird ein zu reparierendes

10 Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil nachfolgend Reparaturschritten 13, 14, 15, 16, 17, 18 und 19 unterzogen. Zur Ausführung der Reparaturschritte 13 bis 19 wird das Modul bzw. die Baugruppe bzw. das Einzelteil in einem bestimmten Takt durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt. Jede der Reparaturstationen ist an den auszuführenden Reparaturschritt derart angepasst, dass in der Reparaturstation benötigte

15 Arbeitswerkzeuge sowie Arbeitsmaterialien bereitgehalten werden.

Beim Reparaturschritt 13 handelt es sich im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 um einen Reinigungsschritt des zu reparierenden Moduls bzw. der Baugruppe bzw. des Einzelteils. Im Reparaturschritt 14 findet eine Rissprüfung und im Reparaturschritt 15 eine

20 Schweißbearbeitung des zu reparierenden Moduls bzw. der Baugruppe bzw. des Einzelteils statt. In Reparaturschritt 16 werden Schleifarbeiten, im Reparaturschritt 17 Montagearbeiten und im Reparaturschritt 18 Bohrungen am zu reparierenden Modul bzw. der Baugruppe bzw. dem Einzelteil vorgenommen. Im Reparaturschritt 19 erfolgt im gezeigten Ausführungsbeispiel eine abschließende Prüfung des reparierten Moduls bzw.

25 der Baugruppe bzw. des Einzelteils.

Die einzelnen Reparaturschritte 13 bis 19 sowie die hierfür vorgesehenen Reparaturstationen definieren eine klare Prozessstruktur und bilden so eine Reparaturlinie. Die Reihenfolge der auszuführenden Reparaturschritte ist klar definiert und vorgegeben.

30 Kreuzungen sowie Überschneidungen in der Prozesskette bzw. Reparaturlinie werden mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens vermieden.

Es liegt im Sinne der Erfindung die Bewegung der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile durch eine Reparaturlinie gemäß dem Block 11, die durch die Reparaturschritte 13 bis 19 definiert wird, in einem vorgegebenen Takt zu bewegen. Der Takt ist dabei vorzugsweise an die in der jeweiligen Reparaturlinie durchzuführenden Reparaturschritte angepasst.

Fig. 1 kann entnommen werden, dass neben den in einer Reparaturlinie zusammengefassten Reparaturschritten 13 bis 19, die in hintereinander angeordneten Reparaturstationen durchgeführt werden, außerhalb der Reparaturlinie

- 10 Zentralreparaturschritte 20, 21 in hierfür vorgesehenen Zentralreparaturstationen durchgeführt werden können. In den Zentralreparaturstationen werden vorzugsweise solche Zentralreparaturschritte durchgeführt, die zeitintensiv sind und den Takt einer Reparaturlinie nicht bestimmen sollen. Es kann sich hierbei zum Beispiel um Wärmebehandlungsprozesse, Waschprozesse oder Galvanisierungsprozesse handeln.
- 15 Unabhängig von der Reparaturlinie und dem Takt einer Reparaturlinie werden diese Zentralreparaturschritte 20, 21 von der Reparaturlinie entkoppelt durchgeführt. Dies erhöht die Stabilität des gesamten Reparaturverfahrens.

- Fig. 2 verdeutlicht das erfindungsgemäße Verfahren in größerem Detail. So zeigt Fig. 2 wiederum den Schritt 10 der Demontage von Flugzeugtriebwerken in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Wie bereits erwähnt, ist dem Schritt 10 eine Reinigung der Flugzeugtriebwerke vorgeschaltet, wobei hier die Flugzeugtriebwerke als Einheit gereinigt werden.

- 25 Im Anschluss an den Schritt 10 und vor der eigentlichen Reparatur im Sinne des Schritts 11 ist ein Schritt 22 vorgesehen, in dem die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile einer Inspektion unterzogen werden. Abhängig von dieser Inspektion der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile werden dieselben einer der im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 gezeigten Reparaturlinien 23, 24 oder 25
- 30 zugeführt. Die Entscheidung, welcher der Reparaturlinien 23, 24 oder 25 ein zu reparierendes Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil zugeführt wird, hängt vom Schwerpunkt der durchzuführenden Reparaturarbeiten ab.



So handelt es sich im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bei der Reparaturlinie 23 um eine beschichtungsintensive Reparaturlinie, bei der Reparaturlinie 24 um eine schweißintensive Reparaturlinie und bei der Reparaturlinie 25 um eine nicht-schweißintensive Reparaturlinie. Zusätzlich zu den hier exemplarisch aufgeführten Reparaturlinien können

5 selbstverständlich weitere Reparaturlinien, so zum Beispiel eine Reparaturlinie für Lüfter-Module oder Fan-Case-Module bzw. Baugruppen oder Einzelteilen derselben, eine Reparaturlinie für Verdichter oder eine Reparaturlinie für gering beschädigte Module bzw. Einzelteile bzw. Baugruppen vorgesehen sein.

10 Jede der Reparaturlinien 23, 24 und 25 umfasst mehrere hintereinander auszuführende Reparaturschritte. Bei der Reparaturlinie 23 sind insgesamt fünf Reparaturschritte 26, 27, 28, 29 und 30 hintereinander geschaltet. Bei der Reparaturlinie 24 sowie bei der Reparaturlinie 25 sind drei Reparaturschritte 31, 32 und 33 bzw. 34, 35 und 36 hintereinander geschaltet. Die Anzahl der Reparaturschritte ist rein exemplarischer Natur  
15 und kann selbstverständlich variiert werden.

Zur Ausführung der jeweiligen Reparaturschritte werden die zu reparierenden Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile in den jeweiligen Reparaturlinien 23, 24 sowie 25 durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt. Jede der Reparaturlinien arbeitet  
20 nach einem vorbestimmten Takt, wobei die Takte der einzelnen Reparaturlinien voneinander abweichen können.

Fig. 2 zeigt auch wiederum zwei Zentralreparaturschritte 37 und 38, die außerhalb der jeweiligen Reparaturlinien 23, 24 und 25 durchgeführt werden. Für jeden  
25 Zentralreparaturschritt 37, 38 ist wiederum eine Zentralreparaturstation vorgesehen. Den Zentralreparaturstationen können aus allen Reparaturlinien 23, 24 und 25 zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile zugeführt werden. Dies hängt selbstverständlich davon ab, ob die in der jeweiligen Zentralreparaturstation durchzuführenden Zentralreparaturschritte für ein konkret zu reparierendes Bauteil von  
30 Bedeutung sind. Nachdem ein zu reparierendes Modul bzw. eine Baugruppe bzw. ein Einzelteil aus einer Reparaturlinie in eine Zentralreparaturstation überführt wurde, wird dasselbe Bauteil nach Vollendung des entsprechenden Zentralreparaturschritts wieder der Reparaturlinie zugeführt, aus derselbe ausgeschleust worden ist.

Nach durchgeführter Reparatur werden die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile im Sinne eines Schritts 39 einer abschließenden Inspektion unterzogen, ob die Reparatur erfolgreich durchgeführt worden ist.

5

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile unterschiedlichster Typen von Flugzeugtriebwerken nach dem Fließbandprinzip repariert werden können. Die Flugzeugtriebwerke, deren Module mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewartet bzw. repariert werden können, sind Serientriebwerke und dem hier angesprochenen Fachmann geläufig. Fig. 4 zeigt exemplarisch und stark schematisiert Module bzw. Baugruppen eines zu reparierenden Flugzeugtriebwerks 40. Das Flugzeugtriebwerk 40 gemäß Fig. 4 verfügt über ein Hauptlüfterrad-Modul 41, ein Fan-Case-Modul bzw. Lüfter-Modul 42, ein Niederdruckturbinen-Modul 43, ein Hochdruckturbinen-Modul 44 und ein Hochdruckverdichter-Modul 45 umfassend die Baugruppen Hochdruckverdichter 46 und Brennkammer 47.

10

15

20

25

30

Bedingt durch die Strukturierung der Reparatur in Reparaturlinien, wobei innerhalb der Reparaturlinien die zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile Schritt für Schritt durch hintereinander angeordnete Reparaturstationen bewegt werden, ergibt sich eine klare Prozessstruktur. Die zur Wartung bzw. Reparatur eines Flugzeugtriebwerks benötigten Zeiten sind besser planbar. Fremdteile können in das erfindungsgemäße Verfahren eingeschleust werden. Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet nach einem "first come, first serve" Prinzip. Das bedeutet, dass ein Bauteil, welches zuerst in den Bereich einer konkreten Reparaturstation bzw. Zentralreparaturstation bewegt wird, auch zuerst bearbeitet wird. Da die Anzahl der Reparaturschritte für jedes zu reparierende Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil abhängig vom Zustand desselben variieren kann, ergibt sich hieraus, dass selbstverständlich ein Bauteil, welches nach einem anderen Bauteil einer Reparaturlinie zugeführt worden ist, vor diesem Bauteil die Reparaturlinie wieder verlassen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet demnach nicht nach einem "first in, first out" Prinzip. Hierdurch wird die Effektivität der Reparatur von Flugzeugtriebwerken deutlich verbessert.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild einer konkreten Reparaturlinie. So sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 insgesamt vierzehn Reparaturstationen 2a bis 9 hintereinander angeordnet, wobei zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile von Flugzeugtriebwerken in Richtung der Pfeile durch die

- 5 Reparaturstationen 2a bis 9 bewegt werden und zwar abhängig davon, ob ein konkret zu reparierendes Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil dem in der jeweiligen Reparaturstation durchzuführenden Reparaturschritt unterzogen werden muss. Ein zu reparierendes Modul bzw. Baugruppe bzw. Einzelteil muss demnach nicht alle Reparaturstationen durchlaufen.

10

Der Nomenklatur der Reparaturstationen gemäß Fig. 3 kann entnommen werden, dass lediglich acht der vierzehn Reparaturstationen 2a bis 9 der Durchführung unterschiedlicher Reparaturschritte dienen. So dienen die Reparaturstationen 2a, 2b sowie 3a, 3b sowie 4a, 4b usw. jeweils der Durchführung eines identischen Reparaturschritts. In einer

15 Reparaturlinie sind demnach für einige der Reparaturschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen. Innerhalb einer Reparaturlinie können demnach gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen unterschiedlicher Flugzeugtriebwerke gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Takt in der Reparaturlinie auch dann eingehalten

20 werden kann, wenn für einige der Reparaturschritte eine längere Bearbeitungszeit erforderlich sein sollte.

25

Neben den Reparaturstationen 2a bis 9 zeigt Fig. 3 weitere Arbeitsstationen. Die Arbeitsstationen mit der Bezeichnung FPI dienen einer optischen Rissprüfung der zu reparierenden Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Bei der Arbeitsstation mit der Bezeichnung STR handelt es sich um eine Strahlanlage, in der eine Oberflächenbearbeitung durchgeführt werden kann. Die Arbeitsstationen, die mit EXP bezeichnet sind, dienen einer Durchmesserdehnung zu bearbeitender Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile. Die im linken Bereich der Fig. 3 gezeigten Stationen, die

30 mit TWK1, TWK2 sowie TWK3 bezeichnet sind, dienen der Durchführung eventuell erforderlicher Demontagearbeiten an Modulen und/oder Baugruppen der unterschiedlichen Typen von Flugzeugtriebwerken. Weiterhin zeigt Fig. 3 eine Waschstation zur Reinigung von Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen, die

mit WAS bezeichnet ist. Weiterhin kann eine nicht gezeigte Einlastzone als Puffer für Module bzw. Baugruppen bzw. Einzelteile, die der Reparaturlinie zugeführt werden, vorhanden sein. Auch können Bereiche mit Stationen zur Durchführung von Schweiß-, Bohr-, Montage-, Mess- oder Einstellarbeiten vorhanden sein. Eine Schweißstation ist mit

5 SCHW bezeichnet.

Mithilfe der Erfindung wird erstmals vorgeschlagen, bei der Reparatur bzw. Wartung bzw. Instandhaltung von Flugzeugtriebwerken ein sogenanntes Fließbandprinzip einzusetzen. Damit wird das aus dem Stand der Technik bekannte Vorurteil überwunden, dass sich ein

10 Fließbandprozess für Wartungsarbeiten bzw. Reparaturarbeiten nicht eignet.

## Bezugszeichenliste

	Schritt	10
	Schritt	11
5	Schritt	12
	Reparaturschritt	13
	Reparaturschritt	14
	Reparaturschritt	15
	Reparaturschritt	16
10	Reparaturschritt	17
	Reparaturschritt	18
	Reparaturschritt	19
	Zentralreparaturschritt	20
	Zentralreparaturschritt	21
15	Schritt	22
	Reparaturlinie	23
	Reparaturlinie	24
	Reparaturlinie	25
	Reparaturschritt	26
20	Reparaturschritt	27
	Reparaturschritt	28
	Reparaturschritt	29
	Reparaturschritt	30
	Reparaturschritt	31
25	Reparaturschritt	32
	Reparaturschritt	33
	Reparaturschritt	34
	Reparaturschritt	35
	Reparaturschritt	36
30	Zentralreparaturschritt	37
	Zentralreparaturschritt	38
	Schritt	39
	Flugzeugtriebwerk	40

	Hauptlüfterrad-Modul	41
	Lüfter-Modul	42
	Niederdruckturbinen-Modul	43
	Hochdruckturbinen-Modul	44
5	Hochdruckverdichter-Modul	45
	Hochdruckverdichter	46
	Brennkammer	47

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, wobei Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, inspiziert und/oder repariert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird, wobei zu reparierende Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in unterschiedlichen Reparaturlinien durchgeführt wird, wobei nach Inspektion der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile entschieden wird, welcher Reparaturlinie ein zu reparierendes Modul und/oder Baugruppe und/oder Einzelteil zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reparatur der Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in jeder der Reparaturlinien in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Reparaturlinien eine beschichtungsintensive Reparaturlinie und/oder eine schweißintensive Reparaturlinie und/oder eine nicht-schweißintensive Reparaturlinie bereitgestellt werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken, diskontinuierlich, nämlich in einem Takt, durch die Reparaturstationen bzw. die Reparaturlinien bewegt werden.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb einer Reparaturlinie hintereinander mehrere Reparatschritte ausgeführt werden, wobei zur Ausführung der Reparaturschritte die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile in angepasste Reparaturstationen bewegt werden, wobei zumindest für einige der Reparatschritte mehrere identische Reparaturstationen vorgesehen werden, so dass innerhalb einer Reparaturlinie gleichzeitig an unterschiedlichen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen gleiche Reparaturschritte durchgeführt werden können.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den Reparaturstationen der Reparaturlinien Zentralreparaturstationen vorgesehen werden, wobei den Zentralreparaturstationen Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile aus unterschiedlichen Reparaturlinien zugeführt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zentralreparaturstationen eine Wärmebehandlungsstation und/oder Waschstation und/oder Galvanisierungsstation bereitgestellt werden.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das nach der Reparatur die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile inspiziert werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der Reparatur die Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, in Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile demontiert werden.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor der Demontage die Gasturbinen, insbesondere die Flugzeugtriebwerke, als Einheit vorgereinigt werden, und dass vorzugsweise die



Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile vor der Reparatur nachgereinigt werden.

- 5      12.      Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der Reparatur Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerke, aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen montiert werden.

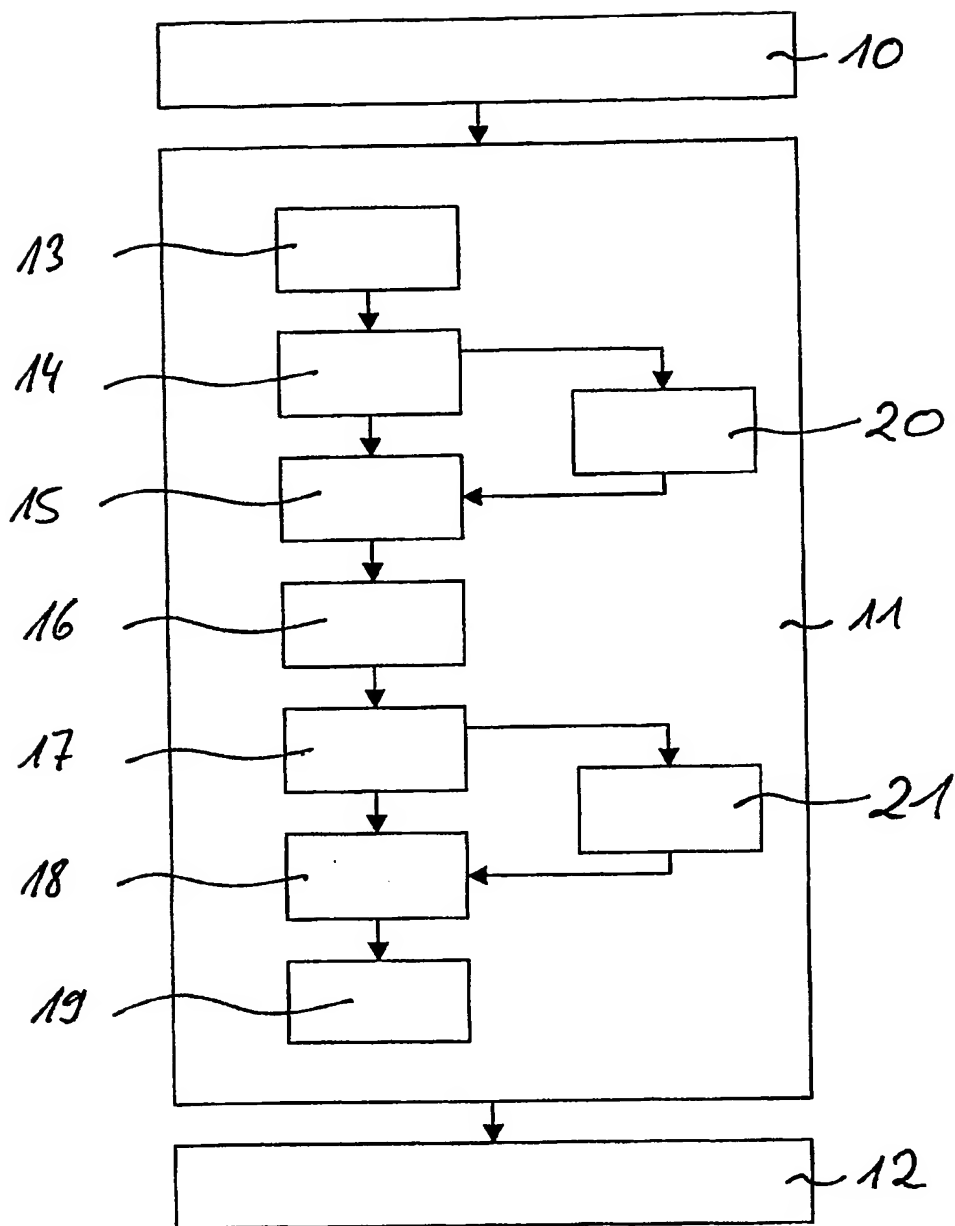


Fig. 1

Fig. 2

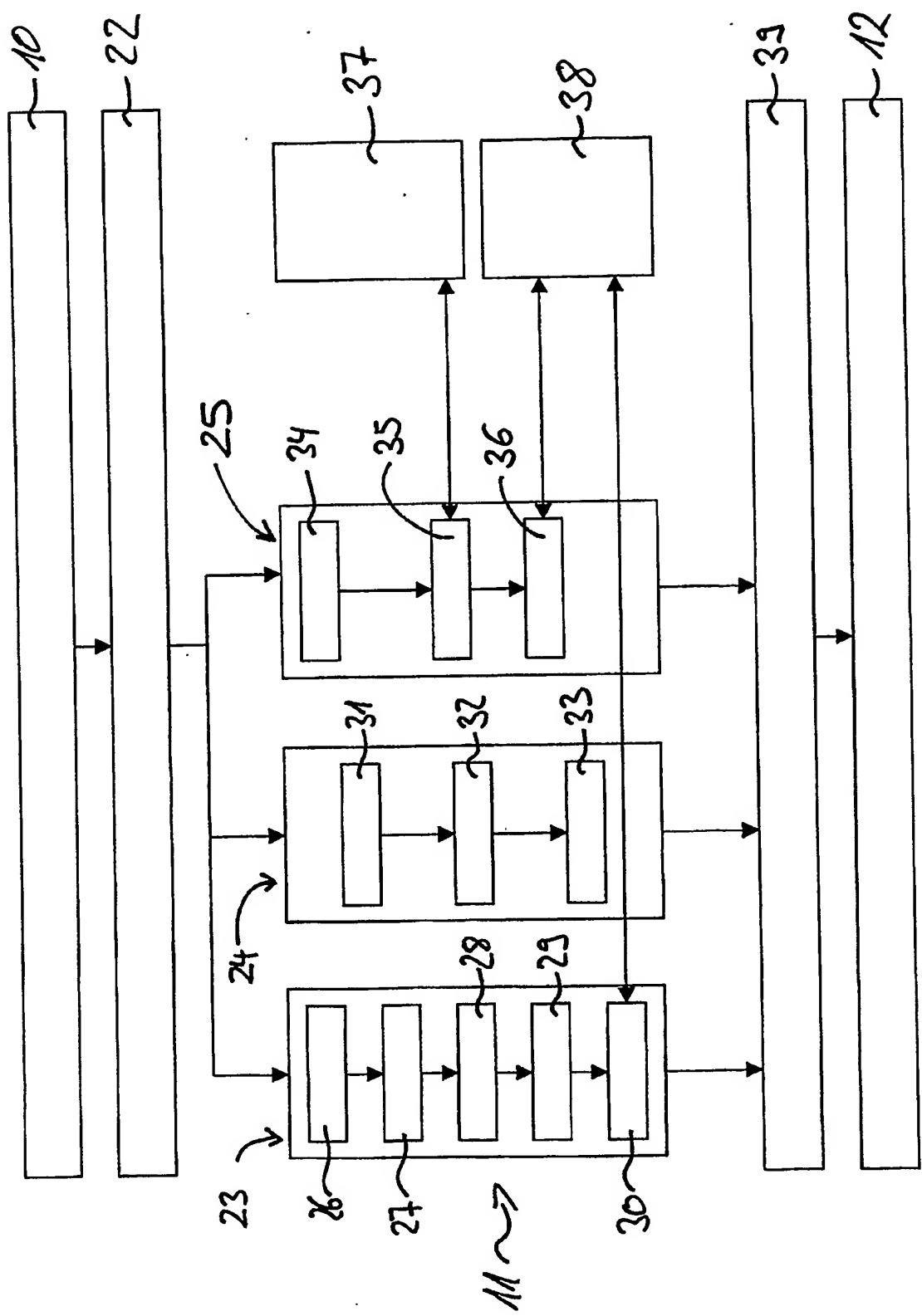
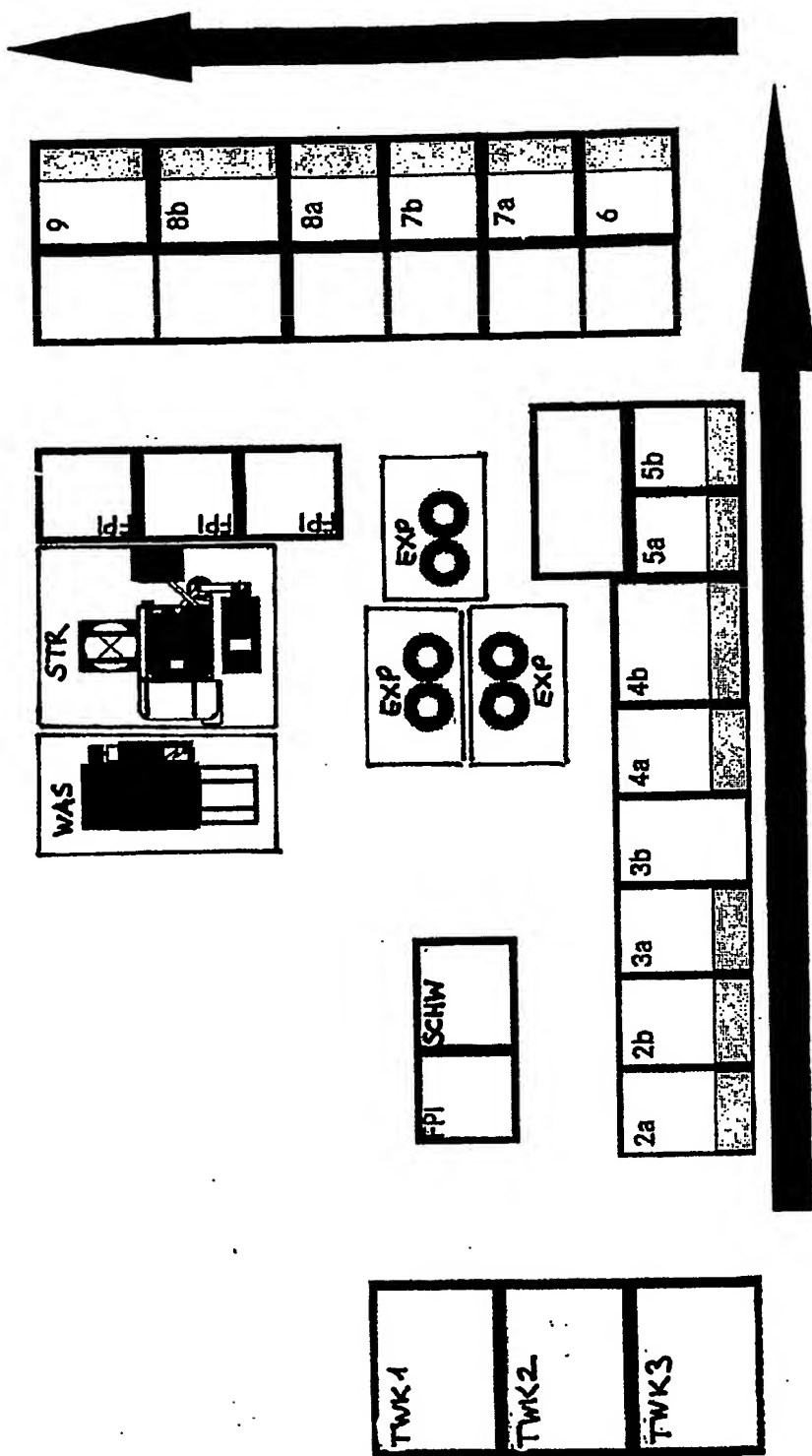


Fig. 3



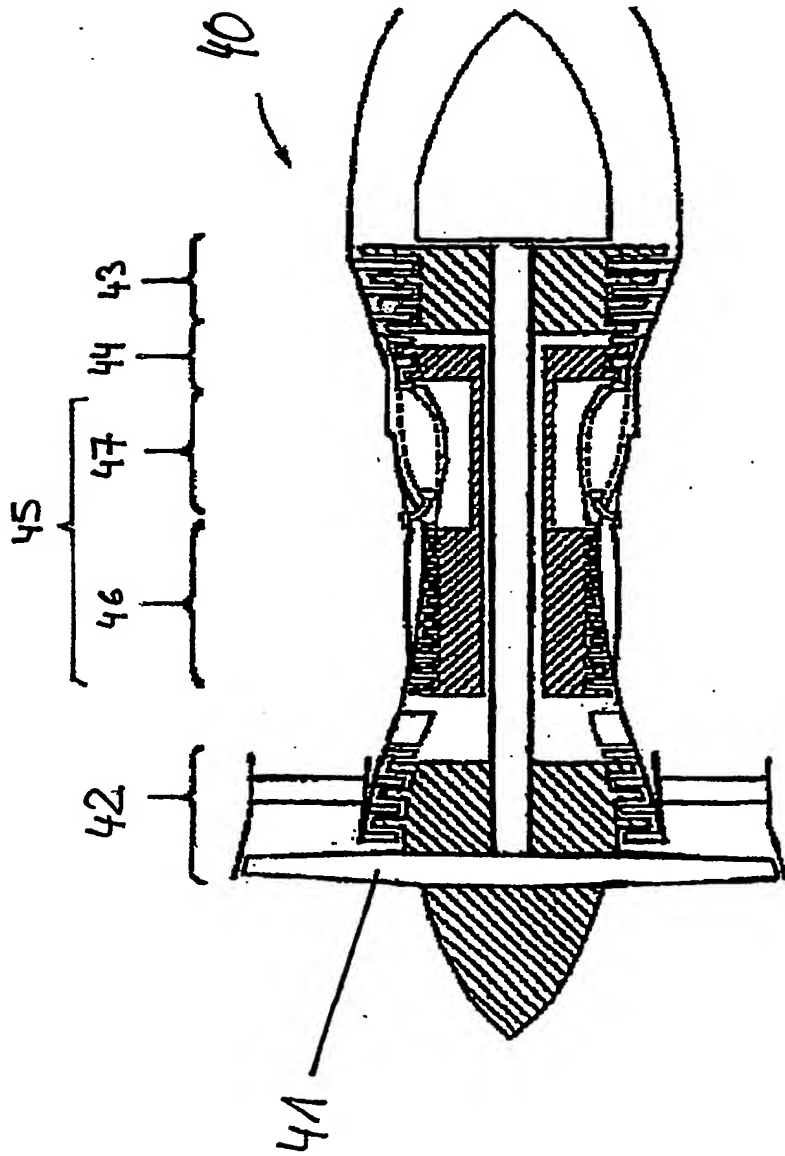


Fig. 4

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wartung, insbesondere Reparatur, von Gasturbinen, insbesondere Flugzeugtriebwerken.

5

Gasturbinen, zum Beispiel Flugzeugtriebwerke, werden demontiert, wobei anschließend Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der Gasturbinen inspiziert und/oder repariert werden, und wobei anschließend Gasturbinen aus inspizierten und/oder reparierten und/oder neuen Modulen und/oder Baugruppen und/oder Einzelteilen

10

montiert werden.

Erfindungsgemäß wird die Reparatur in mindestens zwei Reparaturschritte unterteilt, wobei die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile mindestens einer Gasturbine durch Reparaturstationen bewegt werden, um die Module und/oder Baugruppen und/oder Einzelteile der oder jeder Gasturbine zur Ausführung der Reparaturschritte in hierfür angepasste Reparaturstationen zu bewegen (Fig.1).

15

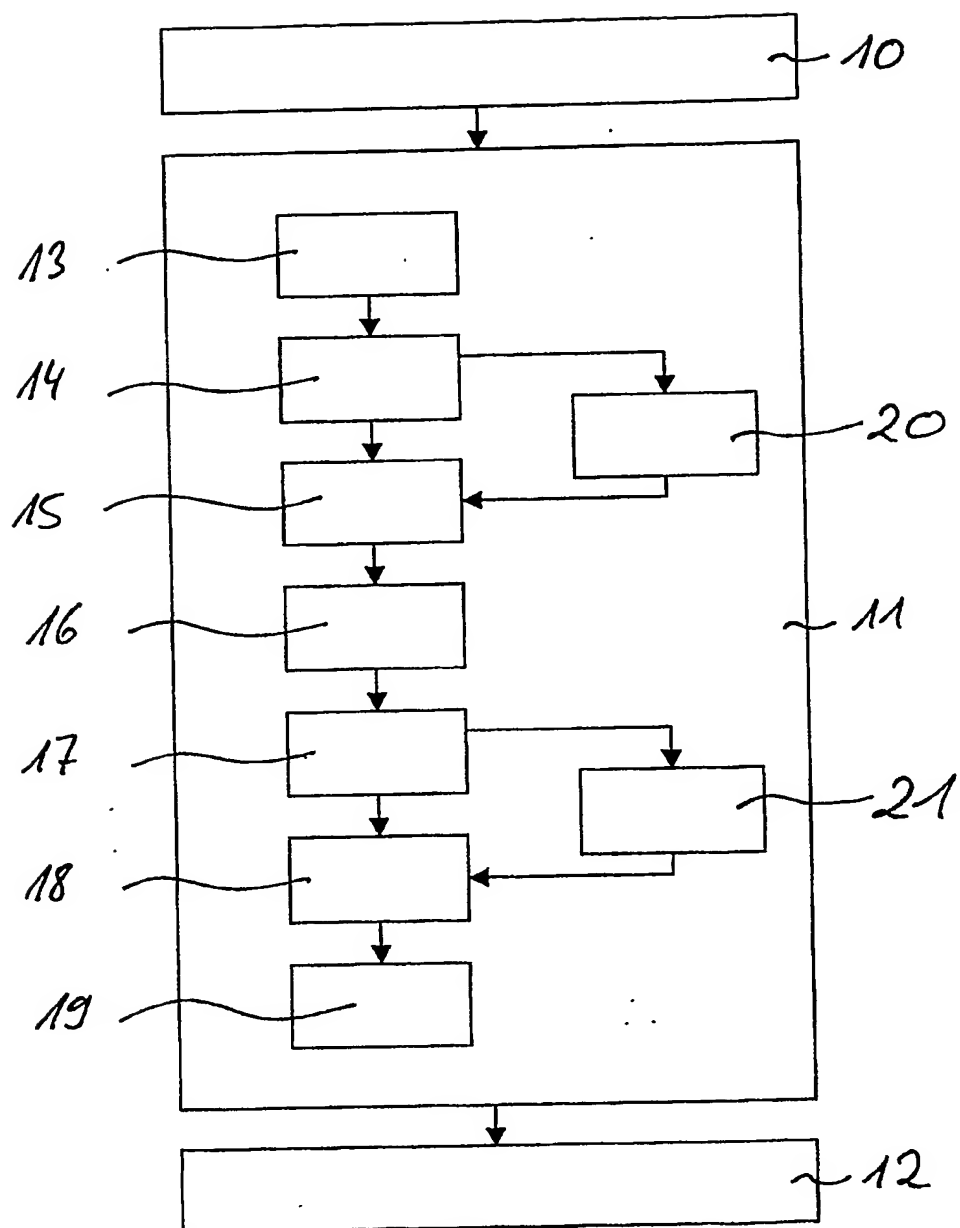


Fig. 1